RADYOAKTİVİTE

① Grafikten

② Grafikten

③ ^{60}Co $t_{1/2} = 5.2$ yıl

a) $\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{5.2} = 0.133 \text{ yıl}^{-1} = 4.226 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$

b) 1 g. ^{60}Co SA = ?

$$\frac{\begin{matrix}60\text{ g.} & 6.02\times10^{23}\\ 1\text{ g} & N\end{matrix}}{}$$

$$N = \frac{6.02\times10^{23}}{60} = 1.00\times10^{22} \text{ adet}$$

$$A = \lambda N = 4.226\times10^{-9} \times 1.00\times10^{22}$$

$$A = 4.226\times10^{13} \text{ Bq} = 1142 \text{ Ci}$$

c) 1 s'de 4.226×10^{13} atom parçalanıyor.

$$E = 4.226\times10^{13}\,(0.31 + 3.17 + 1.33) = 2.033\times10^{14} \text{ MeV/s} = 2.033\times10^{20} \text{ eV/s}$$

$$E = 2.033\times10^{20} \times 1.6\times10^{-19} = 32.523 \text{ J/s} \times 10^{7} = 0.325\times10^{9} \text{ erg/s}$$

4) 1 g ^{226}Ra

$A = 3.6\times10^{10}$ Bq.

$$\frac{\begin{matrix}226\text{ g} & 6.02\times10^{23}\\ 1\text{ g} & N\end{matrix}}{}$$

$$N = 2.664\times10^{21} \text{ adet}$$

$$A = \lambda N$$

$$\lambda = \frac{A}{N} = \frac{3.6\times10^{10}}{2.664\times10^{21}} = 1.35\times10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{1.35\times10^{-11}} = 5.13\times10^{10} \text{ s}$$

(5) $^{147}N_d$ $t_{1/2} = 11\ gün = 950400\ s.$

$A_0 = 10\ Ci = \lambda N_0$

$A = 1\ Ci = \lambda N$

$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{950400}$

$\lambda = 7.29 \times 10^{-7}\ s^{-1}$

$N_0 = \frac{10}{\lambda}$

$N = \frac{1}{\lambda} = N_0 e^{-\lambda t} = \frac{10}{\lambda} e^{-\lambda t}$

$\frac{1}{10} = e^{-\lambda t}$

$\ln 0.1 = -\lambda t$

$t = \frac{\ln 0.1}{-7.29 \times 10^{-7}} = 3.16 \times 10^6\ s.$

(6) $^{210}P_o$ $t_{1/2} = 140\ gün$ $t = 2\ yıl = 730\ gün.$

10 mg.

$210\ g \quad 6.02 \times 10^{23}$

$10 \times 10^{-3}\ g \quad N_0$

$N_0 = 2.87 \times 10^{19}$ adet

$\lambda = \frac{0.693}{140} = 4.95 \times 10^{-3}\ gün^{-1}$

$N = N_0 e^{-\lambda t} = 2.87 \times 10^{19}\ e^{-4.95 \times 10^{-3} \times 730}$

$N = 7.74 \times 10^{17}$ adet.

$A = \lambda N = 4.95 \times 10^{-3} \times 774 \times 10^{17} = 3.83 \times 10^{15}\ Bq.$

7) ^{133}Ba $t_{1/2} = 8\ yıl$

$1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq. = \lambda N$

$N = \frac{3.7 \times 10^{10}}{2.747 \times 10^{-9}} = 1.35 \times 10^{19}$ adet

$\lambda = \frac{0.693}{8 \times 365 \times 24 \times 3600} = 2.747 \times 10^{-9}\ s^{-1}$

$133\ g \quad 6.02 \times 10^{23}$

$m \quad 1.35 \times 10^{19}$

$m = 2.98 \times 10^{-3}\ g.$

8) Atladım.

(9) 1g ^{147}Sm $t_{1/2} = 1.3 \times 10^{11}$ yıl $= 4.10 \times 10^{17}$ s

$$\lambda = \frac{0.693}{4.10 \times 10^{17}} = 1.69 \times 10^{-18} \ s^{-1}$$

$1 \times 0.15 = 0.15$ g ^{147}Sm

147	6.02×10^{23}
0.15	N

$$N = 6.15 \times 10^{20}$$

$A = \lambda N$

$A = 1.69 \times 10^{-18} \times 6.14 \times 10^{20}$

$A = 1039$ Bq.

(10) ^{226}Ra $t_{1/2} = 1620$ yıl 10 g. $t = 24$ saat $= 1$ gün

Rd $t_{1/2} = 3.82$ gün

Bu pespese parçalanma olayına bir örnek olup. Rd için;

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_{10} \left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \right) \text{ olur.}$$

6.02×10^{23}	226
N_{10}	10

$t_{1/2}(Ra) = 591300$ gün

$t_{1/2}(Rd) = 3.82$ gün.

$N_{10} = 2.66 \times 10^{22}$ adet

$$\lambda_1 = \frac{0.693}{591300} = 1.172 \times 10^{-6} \ gün^{-1}$$

$$\lambda_2 = \frac{0.693}{3.82} = 0.167 \ gün^{-1}$$

$$N_2 = \frac{1.172 \times 10^{-6}}{0.167 - 1.172 \times 10^{-6}} \times 2.66 \times 10^{22} \left(e^{-1.172 \times 10^{-6} \times 1} - e^{-0.167 \times 1} \right)$$

$N_2 = 2.86 \times 10^{16}$ adet

$A = \lambda_2 N_2 = 2.10 \times 10^{-6} \ s^{-1} \times 2.86 \times 10^{16} = 6.00 \times 10^{10}$ Bq

$A = 1.62$ Ci $= 1.62 \times 10^{3}$ mCi

11) P = 1 atm

T = 20°C = 273 + 20 = 293° K

R = 0.082

V = ?

1 m Ci Rd

$A = 3.7 \times 10^7$ parçalanma/s

$t_{1/2} = 3.82$ gün

$A = \lambda N$

$\lambda = \dfrac{0.693}{3.82 \times 3600 \times 24}$

$N = \dfrac{A}{\lambda} = \dfrac{3.7 \times 10^7}{2.10 \times 10^{-6}}$

$\lambda = 2.10 \times 10^{-6}\ s^{-1}$

$N = 1.76 \times 10^{13}$ adet

1 mol	6.02×10^{23}
n	1.76×10^{13}

$n = 2.92 \times 10^{-11}$ mol

$PV = nRT$

$V = \dfrac{nRT}{P} = \dfrac{2.92 \times 10^{-11} \times 0.082 \times 293}{1} = 7. \times 10^{-10}$ lt

12)

$1u = 1.66 \times 10^{-27}$ kg. $\quad 1J = 6.242 \times 10^{18}$ eV

1) $^{29}_{14}Si + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He$

$^{29}_{14}Si + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{1}_{1}p$

$^{29}_{14}Si + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$

2) $^{13}_{6}C(d,\alpha)\,^{11}_{5}B$

$^{13}_{6}C(d,t)\,^{12}_{6}C$

$^{13}_{6}C(d,p)\,^{14}_{6}C$

$^{13}_{6}C(d,n)\,^{14}_{7}N$

3) a) $^{18}O(p,\alpha)\,^{15}N$

$Q = (3\times10^{8})^{2}[(17.9992 + 1.0078) \times 1.66\times10^{-27} - ((15.0001 + 4.00029)\times1.66\times10^{-27})]$

$Q = 9\times10^{16}[3.15567\times10^{-26} - 3.15406\times10^{-26}] = 1.51333\times10^{-10}$ J

$Q = 9.09\times10^{-13} \times 6.242\times10^{18} = 5.674$ MeV EXOERGIC

b) $^{9}Be(\alpha,d)\,^{11}B$

$Q = [(9.01218 + 4.00260) - (2.01411 + 11.00931)] \times 931$

$Q = -0.00863 \times 931 = -8.035$ MeV EXOERGIC

c) $^{2}D(d,n)\,^{3}He$

$Q = [[2.01411 + 2.01411] - [1.00867 + 3.01605]] \times 931$

$Q = 0.00348 \times 931 = 3.2399$ MeV EXOERGIC

d) $^{18}O(\alpha,p)\,^{21}F$

$Q = [(17.99916 + 4.00260] - [1.00867 + 20.99995] \times 931$

$Q = -0.00686 \times 931 = -6.387$ MeV ENDOERGIC

e) $^{23}Na(p,\alpha)^{20}Ne$

$Q = [(22.98977 + 1.00727) - (4.00260 + 19.9924)] \times 931$

$Q = (23.99704 - 23.99504) \times 931 = 0.002 \times 931$

$Q = 1.862$ MeV EGZOERGIC

f) $^{27}Al(p,\gamma)Si^{28}$

$Q = [(26.98154 + 1.00727) - (27.97693)] \times 931$

$Q = 11$ MeV.

4) a) $^{10}_{5}B + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{1}_{1}p + ^{13}_{6}C$

b) $Q = [(M_B + m_{He}) - (m_p + M_C)] \times 931$

$Q = [(10.01294 + 4.002600) - (1.00727 + 13.00336)] \times 931$

$Q = 0.00491 \times 931 = 4.57$ MeV.

c) $K_{He} = 3.5$ MeV. (K_x)

$K_p = K_y = ?$ (K_x)

$\sqrt{K_y} = a \mp \sqrt{a^2 + b}$ $\theta = 0°$

$a = \frac{(m_x m_y K_x)^{1/2}}{M_y + m_y} \cos\theta$ ve $b = \frac{K_x(M_y - m_x) + M_y Q}{M_y + m_y}$

olur. Burada kütleler tam doğrudan doğruya gelen çekirdek kütlelerini alabilirit. Bu halde;

$a = \frac{(4 \cdot 1 \cdot 3.5)^{1/2}}{(13+1)} = 0.2673$

$b = \frac{3.5 \times (13-4) + 13 \times 4.57}{13+1} = 6.4936$

$\sqrt{K_y} = 0.2673 \mp \sqrt{(0.2673)^2 + 6.4936}$

$\sqrt{K_y} = 0.2673 + 2.5622 = 2.8295$

$K_y = 8$ MeV

5) $^{3}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

a) $Q = (3.01605 + 2.01410) - (4.0026 + 1.00867)$

$Q = 0.01888\ MeV$

b) $\sqrt{K_y} = a \mp \sqrt{a^2 + b} = K_n$

$a = \dfrac{(m_x m_y K_x)^{1/2}}{M_y + M_y} \cos\theta = \dfrac{(2 \cdot 1 \cdot 0.4)^{1/2}}{4+1} = 0.3098 \cos\theta$

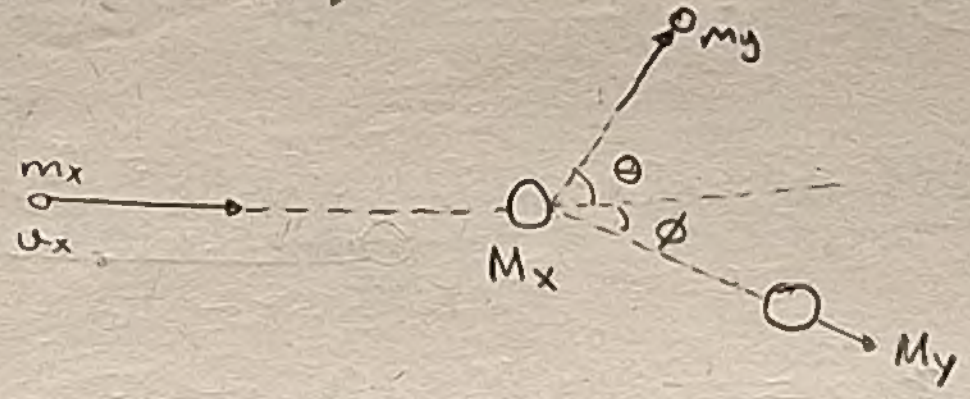
$b = \dfrac{K_x (M_y - m_x) + M_y Q}{4+1} = \dfrac{0.4(4-2) + 4 \cdot 0.01888}{5} = 0.1751$

θ'lar için K_y'ler hesaplanıp buradan $Q = K_f - K_i$'den $K_{^4_2He}$ bulunur

c) Grafik

6) 5 ile benzer problem.

7)



$\sum F_{dt} = 0 \Rightarrow \quad E_i = E_s$

$E_i = K_x + c^2 (m_x + M_x)$

$E_s = K_y + K_y + c^2 (m_y + M_y)$

$Q = (K_y + K_y) - K_x = c^2 [(m_x + M_x) - (m_y + M_y)]$

$m_x v_x = m_y v_y \cos\theta + M_y V_y \cos\phi$

$0 = m_y v_y \sin\theta - M_y V_y \sin\phi$

$M_y V_y \cos\phi = m_x v_x - m_y v_y \cos\theta$

$M_y V_y \sin\phi = m_y v_y \sin\theta$

$(M_y V_y \cos\phi)^2 = (m_x v_x)^2 - 2 m_y v_y m_x v_x \cos\theta + (m_y v_y \cos\theta)^2$

$+ \quad (M_y V_y \sin\phi)^2 = (m_y v_y \sin\theta)^2$

$(M_y V_y)^2 = (m_x v_x)^2 - 2 m_y v_y m_x v_x \cos\theta + (m_y v_y)^2$

$K_y = \frac{1}{2} M_y V_y^2 \qquad K_x = \frac{1}{2} m_x v_x^2 \qquad K_y = \frac{1}{2} m_y v_y^2$

$2 M_y K_y = 2 M_x K_x - 4 (m_y m_x K_x K_y)^{1/2} \cos\theta + 2 m_y K_y$

$$K_y = \frac{m_x}{M_y} K_x - \frac{2}{M_y} (\mu_y m_x K_x K_y)^{1/2} \cos\theta + \frac{m_y}{M_y} K_y .$$

$$\varphi = \frac{m_x}{M_y} K_x - \frac{2}{M_y} (\mu_y m_x K_x K_y)^{1/2} \cos\theta + \frac{m_y}{M_y} K_y + K_y - K_x$$

$$\varphi = K_y \left(1 + \frac{m_y}{M_y}\right) - K_x \left(1 - \frac{m_x}{M_y}\right) - \frac{2}{M_y} (\mu_y m_x K_x K_y)^{1/2} \cos\theta$$

Eger $\theta = 90°$ ise $\cos\theta = \cos 90° = 0$ olur. Bu halde

$$\varphi = K_y \left(1 + \frac{m_y}{M_y}\right) - K_x \left(1 - \frac{m_x}{M_y}\right)$$ olur. Buradan K_y'yi

çekelim.

$$\varphi = K_y \left(\frac{M_y + m_y}{M_y}\right) - K_x \left(\frac{M_y - m_x}{M_y}\right)$$

$$M_y \varphi = K_y (M_y + m_y) - K_x (M_y - m_x)$$

$$K_y (M_y + m_y) = M_y \varphi + K_x (M_y - m_x)$$

$$K_y = \frac{1}{M_y + m_y} (M_y \varphi + K_x (M_y - m_x))$$

$$K_y = \frac{M_y}{M_y + m_y} \left(\varphi + \frac{m_x - M_y}{M_y} K_x\right)$$ olur.

8)

SORULAR

1) e'un çekirdekte bulunamayacağını ispatlayınız.

A=200 olsun Bu halde atomun çapı;

$2R = 2 \times 6 A^{1/3}$ ile verilir. Burada $r_0 = 1.35 \times 10^{-12}$ cm dir. Bu halde;

$2R = 2 \times 1.35 \times 10^{-12} \cdot 200^{1/3} = 1.2 \times 10^{-12}$ olur.

Heisenberg belirsizlik ilkesine göre;

$\Delta p \simeq \frac{6.6 \times 10^{-27}}{\Delta x}$ erg-sn. $= \frac{6.6 \times 10^{-27}}{1.2 \times 10^{-12}} = 5.5 \times 10^{-15}$ kgms^{-1}

$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$ olup p yerine Δp alırsak;

$E^2 = (5.5 \times 10^{-15})^2 (3 \times 10^{10})^2 + (9.1 \times 10^{-28})^2 \times (3 \times 10^{10})^4$

$E = 1.65 \times 10^{-4}$ erg $= 10.5 \times 10^7$ eV $= 105$ MeV

Tabiatta çekirdek varsa dalga boyu çekirdek mertebesinde olmalı. Ayrıca nötron bozunumları sonunda yayınlanan e$^-$'lerde bu enerji değeri gözlenmediğinden e$^-$ çekirdek içinde bulunamaz ($\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mcv}$)

2) 75 kg'lık bir adamdaki ^{40}K elementinin aktivitesi nedir? K'nın %0.012'si ^{40}K'dır. İnsan vücudunda %0.35 K vardır. Ortalama insan ağırlığını 75 kg. alınız. ^{40}K için $t_{1/2} = 1.3 \times 10^9$ yıl'dır.

İnsan vücudunda $0.0035 \times 75000 = 262.5$ g. K var.

Bunun $0.00012 \times 262.5 = 0.0315$ g'ı aktif K'dır.

40	6.02×10^{23}
0.0315	N

$N = \frac{6.02 \times 10^{23} \times 0.0315}{40} = 4.741 \times 10^{20}$ adet

$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}}$

$\lambda = \frac{0.693}{1.3 \times 10^9 \times 365 \times 24 \times 3600}$

$\lambda = 1.69 \times 10^{-17}$ s^{-1}

$A = \lambda N = 1.69 \times 10^{-17} \times 4.741 \times 10^{20} = 8014$ Bq olur.

---

1 J $= 10^7$ erg $\quad m_0(e^-) = 0.51$ MeV

1 amu $= 931$ MeV

③ Parçalanma sabiti λ olan bir atomu $t=0$ anında parçalanmamış olduğunu bu atomun t ile $t+\Delta t$ aralığında bozunma olasılığı nedir?

$\boxed{P = \frac{\Delta N}{N_0}}$ ile verilir. P olasılık $\Delta N = N_t - N_{t+\Delta t}$ dir.

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$N_{t+\Delta t} = N_0 e^{-\lambda (t+\Delta t)}$$

$$\Delta N = N_0 e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda \Delta t})$$

$$P = e^{-\lambda t} (1 - e^{-\lambda \Delta t}) \text{ olur}$$

$\Delta t \ll 1 \Rightarrow \lambda \Delta t \ll 1$ olup $e^{-\lambda \Delta t} = 1 - \lambda \Delta t$ yazılabilir;

$\boxed{P = e^{-\lambda t} \lambda \Delta t}$ olur.

④ Bir radyoaktif kaynakta başlangıç aktiviteleri eşit farklı 2 çeşirdek bulunmaktadır. Bunların yarı ömürleri 1/2 ve 1/3 yıldır. 1 yıl sonra ilk aktivitenin ne kadarlık bir kesri kalmıştır.

A_1, A_2 } $A_1 = A_2 = A_0$

$t_{1/2}(A_1) = \frac{1}{2}$ yıl $\quad \lambda_1(A_1) = 1.386\ \text{yıl}^{-1}$

$t_{1/2}(A_2) = \frac{1}{3}$ yıl $\quad \lambda_2(A_2) = 2.079\ \text{yıl}^{-1}$

$t = 1$ yıl

$$A_1 = A_0 e^{-\lambda_1 t}$$

$$A_2 = A_0 e^{-\lambda_2 t}$$

$$\frac{A_1 + A_2}{2A_0} = \frac{A_0 (e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t})}{2A_0}$$

$$\frac{A_f}{A_i} = \frac{A_1 + A_2}{2} = \frac{(e^{-1.386} + e^{-2.079})}{2} = 0.188 \quad \%\ 0.0188$$

$2A_0$: Başlangıçtaki toplam aktivite.

$A_1 + A_2$: 1 yıl sonraki " "

(5) $^{16}O(d,\alpha)^{14}N$ reaksiyonundan çıkan α parçacıklarının max enerjisi nedir? $(K_y)_{max} = ?$

Bu halde $\cos\theta = 1 \quad \theta = 0°$

$K_x = 2.0$ MeV

$Q = 3.1$ MeV

$$\sqrt{K_y} = a \mp \sqrt{a^2 + b}$$

$$a = \frac{(K_x m_x m_y)^{1/2}}{(M_y + m_y)} \cos\theta = \frac{(2.0 \cdot 2 \times 4)^{1/2}}{14+4} = 0.222 \text{ MeV}$$

$$b = \frac{Q M_y + K_x(M_y - m_x)}{M_y + m_y} = \frac{3.1 \times 14 + 2 \times (14-2)}{18}$$

$$b = 3.744 \text{ MeV}$$

$$\sqrt{K_{y_{max}}} = 0.222 + \sqrt{0.222^2 + 3.744}$$

$$\sqrt{K_{y_{max}}} = 2.1696 \text{ MeV}^{1/2}$$

$$(K_y)_{max} = 4.707 \text{ MeV}$$

(6) Bir atomda radyoaktif bozunma λ_1 ve λ_2 gibi bozunma sabitleri ile ? şeklinde oluşuyorsa

$N = N_0 e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$ ile verildiğini gösteriniz

$$dN = dN_1 + dN_2 = -\lambda_1 N\, dt - \lambda_2 N\, dt$$

$$dN = -N(\lambda_1 + \lambda_2)\, dt$$

$$\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = \int_0^t (\lambda_1 + \lambda_2)\, dt \quad \Rightarrow \quad N = N_0 e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$

⑦ Bir kişinin spesifik aktivitesini 1.370 Ci/g yapmak için 1 mgr aktif olmayan ^{89}Sr'a kaç mgr aktif ^{89}Sr eklenek gerekecektir.

$t_{1/2} = 51 \text{ gün} = 51 \times 24 \times 3600 = 4.406 \times 10^6 \text{ s}$

$$\lambda = \frac{0.693}{4.406 \times 10^6} = 157.271 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

$A = \lambda N \qquad N = \dfrac{1,370 \times 3.7 \times 10^{10}}{157.271 \times 10^{-9}} = 3.22 \times 10^{17}$ adet

$6.02 \times 10^{23} \quad 89$

$3.22 \times 10^{17} \quad m$

$m = 0.0476$ mgr eklenek gerekir.

⑧ ^{147}Nd'in yarı ömrü 11 gündür. Aktivitesinin 10 Ci'den 1Ci'ye düşmesi için ne kadar zaman gerekir?

$t_{1/2} = 11 \text{ gün} = 11 \times 24 \times 3600 = 950400 \text{ s}.$

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{1/2}} = 729.167 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$$

$A = A_0 e^{-\lambda t}$

$\frac{1}{10} = e^{-\lambda t} \Rightarrow 0.1 = e^{-t\, 729.167 \times 10^{-9}}$

$$t = \frac{\ln(0.1)}{-729.167 \times 10^{-9}} = 3158452 \text{ s} = 36.5 \text{ gün.}$$

⑨ $^{113}Cd \xrightarrow[\lambda_1]{30 \text{ gün}} {}^{113}In \xrightarrow[\lambda_2]{1.5 \text{ dak}} {}^{113}Sn$ bozunumundan kaç dk. sonra In atomları sayısı maksimuma ulaşır

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}\left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}\right) N_0$$

$\lambda_1 =$ [illegible]

$\lambda_2 = \dfrac{\ln(2)}{1.5 \times 60}$ [illegible]

$\frac{dN_2}{dt} = 0$ 'da In atomlarının sayısı max'a ulaşır.

$$0 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_{10} \left(\lambda_2 e^{-\lambda_2 t_m} - \lambda_1 e^{-\lambda_1 t_m} \right)$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = e^{-(\lambda_1 - \lambda_2) t_m}$$

$$t_m = \frac{\ln(\lambda_2/\lambda_1)}{(\lambda_1 - \lambda_2)} = \frac{\ln\left(\frac{267.361 \times 10^{-9}}{0.0077}\right)}{(-0.0077 + 267.361 \times 10^{-9})}$$

$$t_m = \frac{-10.268}{-0.0077} = 1333.5\ s$$ sonra.

10) Bir kaziden alınan eşyalardaki ^{14}C spesifik aktivitesi ile yeni kesilmiş ağaçlardaki ^{14}C spesifik aktivitesi oranı 3/5 ise eşyaların yaşı nedir?

$t_{1/2} = 5570$ yıl

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\frac{3}{5} = e^{-\frac{0.693}{5570} \cdot t} \Rightarrow t = \frac{\ln(3/5)}{-124.417 \times 10^{-6}} = 4105 \text{ yıl.}$$

11) Bir radyoaktif elementin ortalama ömrü τ s.'dir. t_1 anında ölçülen aktivite A_1, t_2 anında ölçülen aktivite A_2 ise t_2 ve t_1 zamanı arasında parçalanan atom sayısının

$$\Delta N = \tau (A_1 - A_2)$$ olduğunu gösteriniz.

$$A_1 = \lambda N_1 \qquad N_1 = \frac{A_1}{\lambda}$$

$$A_2 = \lambda N_2 \qquad N_2 = \frac{A_2}{\lambda}$$

$$\Delta N = N_1 - N_2 = \left(\frac{A_2}{\lambda} - \frac{A_1}{\lambda} \right) = \frac{1}{\lambda} (A_2 - A_1)$$

$$\Delta N = \tau (A_1 - A_2)$$

(12) 100 günde aktivitesi %6.6 azalan izotopun $\lambda, \tau, t_{1/2}$ (Ü)
'si nedir.

$A_0 \xrightarrow{100\,gün} A$ $\qquad A = A_0 - 0.0066 A_0 = A_0(1-0.0066)$

$A = A_0(0.9934)$

$A = A_0 e^{-\lambda t}$

$\frac{A_0 \times 0.9934}{A_0} = e^{-\lambda t}$

$\lambda = \frac{\ln 0.9934}{-100} = 66.219 \times 10^{-6}\ gün^{-1}$

$t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = 10465\ gün.$

$\tau = \frac{1}{\lambda} = 15101.5\ gün$

(13) Plutonyum numunesinde bilinmeyen oranlarda ^{239}Pu ve ^{240}Pu bulunmaktadır. Numunenin aktivitesi mgr başına 1.78×10^8 parçacık/dk'dır.

^{239}Pu $t_{1/2} = 2.436 \times 10^4$ yıl^{-1} $= 46 \times 10^{-3}$ dk^{-1} $\lambda_1 =$

^{240}Pu $t_{1/2} = 6.58 \times 10^3$ yıl^{-1} $= 12.5 \times 10^{-3}$ dk^{-1} $\lambda_2 =$

^{239}Pu ve ^{240}Pu miktarları nedir?

$A = A_1 + A_2 \qquad \left.\begin{matrix} A_1 = \lambda_1 N_1 \\ A_2 = \lambda_2 N_2 \end{matrix}\right\} \Rightarrow A = \lambda_1 N_1 + \lambda_2 N_2$

$1.78 \times 10^8 = 46 \times 10^{-3} N_1 + 12.5 \times 10^{-3} N_2$

239	6.02×10^{23}	240	$6. \times 10^{23}$
m_1	N_1	m_2	N_2

$m_1 = \frac{239 \times N_1}{6 \times 10^{23}} \qquad m_2 = \frac{240 \times N_2}{6 \times 10^{23}}$

$m_1 + m_2 = 1 \times 10^{-3}\ g = \frac{239 \times N_1}{6 \times 10^{23}} + \frac{240 \times N_2}{6 \times 10^{23}}$

$N_1 = 2.23\times10^{18}$ atom $N_2 = 2.87\times10^{17}$ atom $m_1 = 8.85\times10^{4}$ gr. VII

$3.97\times10^{-22} N_1 + 3.99\times10^{-22} N_2 = 1\times10^{-3}$ gr $m_2 = 1.14\times10^{-4}$ g

$N_1 + N_2 = 178\times10^{8}$

N_1 ve N_2 bulunup ağırlıkları yazılır.

(14) $N_0 = 10^8$ ile verilen bir nötron demeti $v = 2200$ m/s hız ile hedefe varmadan önce 11 m. yol alıyor. Demet hedefe varana dek ne kadar sürer? $T_{1/2} = 12$ dk.

$x = vt$
$t = \frac{x}{v}$ $\Rightarrow$ $t = \frac{11}{2200} = 0.005$ s.

$\lambda = \frac{0.693}{12\times60} = 962.5\times10^{-6}$ s^{-1}

$N = 10^8 e^{-962.5\times10^{-6}\cdot 0.005}$

$N = 99.9995\times10^6$

$\Delta N = 481$ nötron.

(15) $T_{1/2} = 3.825$ gün olan $^{222}_{86}Rn$ için

a) $\lambda = ?$

b) Başlangıçta mevcut N_0 atomlarından 10 gün sonra % kaç bozunur.

a) $\lambda = \frac{0.693}{3.8\ldots} = 0.181$ gün^{-1}

b) Başlangıçta N_0 adet [illegible] atom olsun

$N = N_0 e^{-0.181\times10}$

$\Delta N = N_0 - N_0 e^{-0.181\times10} = N_0(1 - e^{-0.181\times10})$

$\Delta N = N_0 \times 0.\ldots$

% [illegible]

(18) $^{13}C(\alpha,n)^{16}O$ reaksiyonundan çıkan nötronları kullanarak (IX)
$^{16}O(n,\alpha)^{13}C$ reaksiyonunu oluşturmak mümkünmüdür?

$^{13}_{6}C = 3124$ KeV $^{16}_{8}O = -4736.5$ KeV

$^{1}_{0}n = 8071$ KeV $^{4}_{2}He = 2424.75$ KeV

$Q = (3124 + 2424.75) - (8071 - 4736.5)$

$\boxed{Q = 2.214 \text{ MeV}}$ exoergic bir

reaksiyon. Ters reaksiyonun Q değeri -2.214 olup endoergic bir reaksiyondur ve gelen nötronların enerji değeri eşik enerjisini aşmalıdır.

Önce çıkan nötronların enerjilerini hesaplayalım;
Max enerjili nötronlar $\theta = 0°$'de çıkarlar!
$K_y = a + \sqrt{a^2 + b}$ idi. Ancak biz K_x değeri verilmemiş. Bu halde momentum korunumundan gideriz. Q değeri C ve n arasında kütlelerle orantılı paylaşılır.

$m_1 v_1 - m_2 v_2 \Rightarrow \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

$m_1 K_1 = m_2 K_2$

$m_n K_n = m_o K_o$

$\frac{m_n}{m_o} = \frac{K_o}{K_n} \Rightarrow \frac{1}{16} = \frac{K_o}{2.214 - K_o}$

$2.214 - K_o = 16 K_o$

$17 K_o = 2.214$

$K_o = \frac{2.214}{17}$

$K_n = 2.214 - \frac{2.214}{17} = 2.084$ MeV.

$E_{esik} = |Q| \left(1 + \frac{m_x}{M_x}\right) = 2.214 \left(1 + \frac{1}{16}\right)$

$E_{esik} = 2.34$ MeV olup reaksiyon olurken

(19) $V = \dfrac{A_0 e^{-\lambda t}}{a}$ $\quad a\ (dak^{-1}/cm^3)$

(20) Verilen bir saalmada diferansiyel tesir kesiti

$\dfrac{d\sigma}{d\Omega} = a + b\cos^2\theta$ olup

a) $\sigma_T = ?$

b) Hedeften 10 cm uzaklığa duyar alanı $A = 0.1\ cm^2$ olan bir dedektor $\theta = 60°$ açıyla konuyor. Hedef kalınlığı $dt = 10^{-4}$ cm ve birim hacimdeki atom sayısı $n = 10^{22}\ cm^{-3}$ ise ve

$a = 4.2 \times 10^{-28}\ cm^2/ste$

$b = 2.4 \times 10^{-24}\ cm^2/ste$ ise hedefe gelen 1 MA'lik bir proton demeti için sayma hızı nedir;

a) Bilgi $\int \sin x \cos^2 x\, dx = -\dfrac{\cos^3 x}{3}$

$$\sigma_T = \int \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega = 2\pi \int_0^{\pi} (a + b\cos^2\theta) \sin\theta\, d\theta$$

$$\sigma_T = 2\pi \left[\int_0^{\pi} a \sin\theta\, d\theta + \int_c^{\pi} b\cos^2\theta \sin\theta\, d\theta \right]$$

$\sigma_T = 4\pi \left(2a + \dfrac{b}{3}\right)$ kaç barn cinsinden bul.

b)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = a + b\cos^2\theta = a + b\left(\frac{1}{2}\right)^2 = a + \frac{b}{4}$$ dΩ

$$dN = \sigma(\theta) \cdot \phi \cdot n_1 = \left(a + \frac{b}{4}\right) \cdot 6 \times 10^{12} \times 10^{22} \underbrace{\frac{0.1}{10^2}}_{\frac{A}{r^2}}$$

kaç çıkar

$$\phi = \frac{1 \times 10^{-6}}{1.1 \times 10^{-4}} = 9.1 \times 10^{9}$$ proton

(16) Doz Hızı: Birim zamanda vücuda aktarılan enerji
Toplam Doz: Belirli bir sürede alınan toplam enerji.

Doz Hızı $= A \cdot e$ (enerji/cm^3.s

A: Birim alandan geçen parçacık sayısı $[cm^{-2} s^{-1}]$
e: Dokuda 1 cm^3'lük Lazı tabakaların bıraktıkları enerji enerji/cm

1 R: NŞA'da 1 cm^3 havada 1 esu'luk iyonizasyon meydana getiren X ışını miktarı.

1 esu $= 2.082 \times 10^9$ e^- $\rightarrow$ 1 e^- oluşturmak için gereken enerji.

$$1\,R = \frac{2.082 \times 10^9 \times 34\,eV \times 1.6 \times 10^{-12}}{0.001293}\ erg$$

1 cm^3 havanın ağırlığı

1 J $= 10^7$ erg.

Rad: Birim hacimde 100 erglik enerji aktarımıdır.

(17) 1 mCi'lik ^{198}Au kaynağından 30 cm. uzaktaki su veya doku için DH=?

Bu maddeden β ve γ'lar yayınlanır.

β için $(E_\beta)_{max} = 0.96$ MeV $e = 2.18$ MeV/cm $T_d = 0.52$
γ için $E_\gamma = 0.41$ MeV $e = 0.013$ MeV/cm $T_d = 1$

DH = Ae (MeV/cm^3.sn)

Sonuç rad/saat bulalım

$$DH = Ae\ \frac{1.6 \times 10^{-6}\ erg \times 3600\ saat}{100\ erg}$$

$$DH = Ae\ 5.76 \times 10^{-5}\ rad/saat$$

30 cm

$$A = \frac{3.7 \times 10^7}{4\pi (30)^2} \times T_d$$

$D_H = (D_H)_\beta + (D_H)_\gamma$

(10) Yüzeysel yoğunluğu 1g/cm² olan ince bir P plaka t=4.0 saat süresle 2×10^{10} nötron/cm²s'lik Ø ile ışınlanıyor.

Işınlama bitiminden T=1 saat sonra plakanın aktivitesinin At=105 MCi olduğu saptanıyor. σ=?

Tür(Si)=2.65 $^{31}P(n,p)^{31}Si$

$$N_t = \frac{n\sigma\phi}{\lambda}(1-e^{-\lambda t})$$

$$\lambda N_t = n\sigma\phi(1-e^{-\lambda t})$$

$$A_t = n\sigma\phi(1-e^{-\lambda t})e^{\lambda T}$$

$$\frac{31\ g \quad 6.02\times10^{23}}{1g \quad n}$$

$$n = 1.93\times10^{22}\ atom.$$

SORULAR ①

1) A=138 olan izobarlar için atomik kütleler kütle farkları cinsinden verilmiştir. Bu izobarlar içinden kararlı olanları bulun. Kararsız olanların ne şekilde bozunacaklarını belirleyiniz

$_{54}Xe = -0.086190$ akb
$_{55}Cs = -0.089200$ akb
$_{56}Ba = -0.095000$ akb
$_{57}La = -0.093090$ akb
$_{58}Ce = -0.094170$ akb
$_{59}Pr = -0.089540$ akb

Bu farklar $M-A$'ya eşittir. A yerine 138 koyup M'leri çekersek

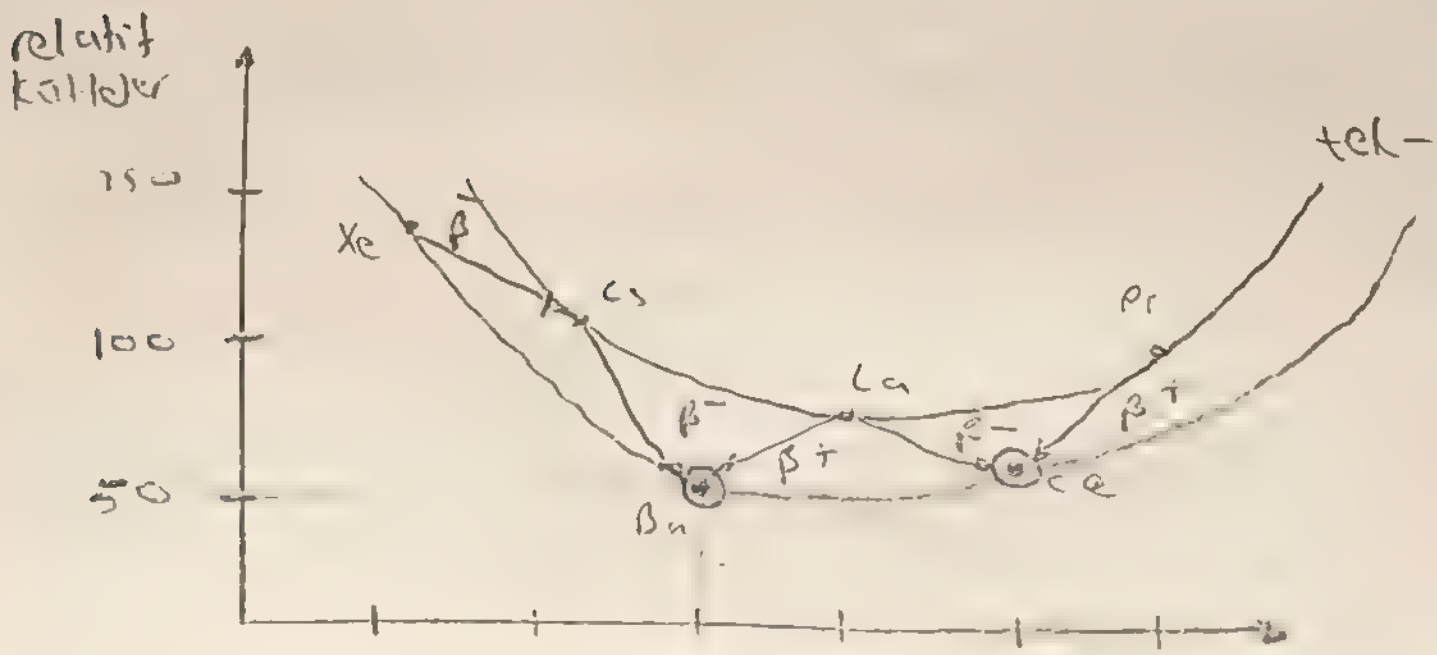
$Xe = 137.9138$ $Ce = 137.9058$
$Cs = 137.9108$ $Pr = 137.9104$
$Ba = 137.9050$
$La = 137.9069$

bulunur.

Bu kütlelerin son 3 hanesini kütle-Z grafiğinde relatif kütleler olarak kullanabiliriz.

$$Z_{min} = \frac{A}{2 + 0.015\ 138^{2/3}} = \frac{138}{2 + 0.015\ 138^{2/3}} = 57.4$$

elde edilir

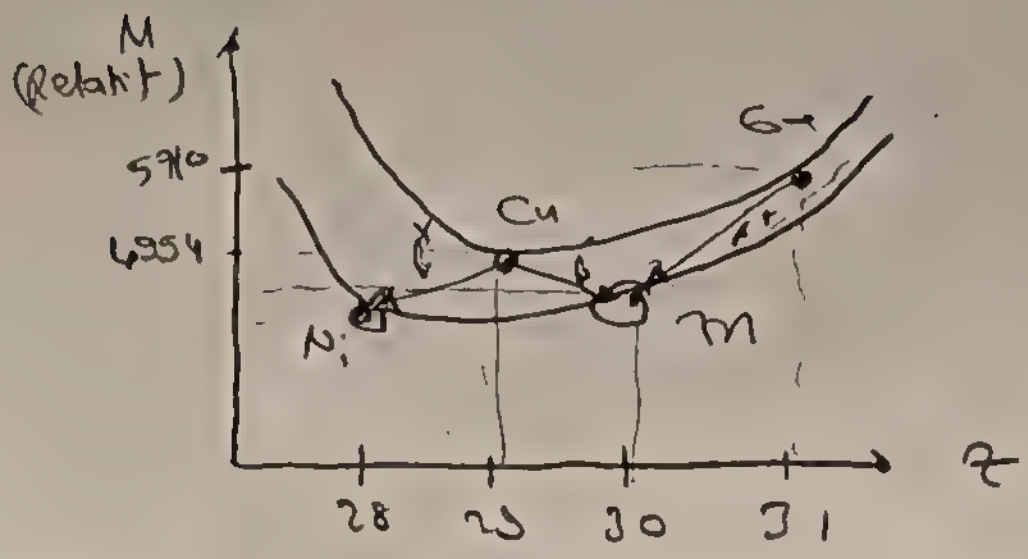


2) A=64 olan çift-çiftlerin atomik kütleleri aşağıda verilmiştir.

$^{64}_{28}Ni = 63.92797$ akb
$^{64}_{29}Cu = 63.92954$ akb
$^{64}_{30}Zn = 64.92932$ akb.
$^{64}_{31}Ga = 63.93710$ akb

$$Z = \frac{A}{2 + 0.015\ A^{2/3}} = \frac{64}{2 + 0.015\ 64^{2/3}} = 28.57 \cong 29$$

A çift olup N-Z grafiğinde 2 parabol oluşur.



Kütleler son 4 hanelerine göre sıralanmıştır.

⊙ Kırmızı çözümdeler

(3) Parçacık başına ortalama bağlanma enerjilerinin ^{7}Li 5.6 MeV ve ^{4}He için 7.06 MeV alarak;

$^{7}_{3}Li\,(^{1}_{1}p, ^{4}_{2}\alpha)\,^{4}He$ reaksiyonunun enerjisini (Q) bulunuz.

$$5.6 = \frac{1}{7}\left[3m_H + 4m_N - M_{Li}\right]c^2$$

$$7.06 = \frac{1}{4}\left[2m_H + 2m_N - M_{He}\right]c^2$$

$$Q = (M_{Li} + m_p - 2m_{He})\,c^2$$ 'den 3 bilinmeyenli 3 denklem elde edeririz. Buradan

$Q = 17.27$ MeV elde edilir.

(4) $^{235}_{92}U$ ve $^{236}_{92}U$'ye ilave edilen birer nötronun bağlanma enerjilerini hesaplayınız.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{236}_{92}U$$

$$Q = 40936\,keV + 6071\,keV - 42510\,keV = 6.46\,MeV$$

$$^{236}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{237}_{92}U$$

$$Q = (47291 + 8071 - 56579) = 4.78\,MeV.$$

⑤ ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n$ reaksiyonundan 90° 'de alınan nötronların tek enerjili ve enerji tayfında $E_n = 2.45 + \frac{E_1}{4}$ MeV ile verileceğini gösteriniz. Burada E_1 hedefe gelen döteryumun enerjisidir.

${}^{1}_{0}n \rightarrow 8071$ keV (kütle farkı)

${}^{2}_{1}H \rightarrow 13136$ keV

${}^{3}_{2}He \rightarrow 14931$ keV olarak veriliyor.

$K_y = a \mp \sqrt{a^2 + b}$ $\quad \theta = 90° \Rightarrow a = 0$ olur.

$E_1 = K_x$

$\sqrt{K_y} = \sqrt{b}$

$K_y = b = \dfrac{M_y Q + K_x (M_y - m_x)}{M_y + m_y}$

$K_y = \dfrac{3 \cdot Q + E_1 (3-2)}{(3+1)} = \dfrac{3Q + E_1}{4}$

$Q = [13136 \times 2 - (8071 + 14931)] = 3.27$ MeV

$K_y = \dfrac{3.27 \times 3 + E_1}{4} = \dfrac{E_1}{4} + 2.45$ MeV.

⑥ Aşağıdaki verilerle nötronun kütlesini hesaplayınız.

${}^{2}H(\gamma, n){}^{1}H$

$E_{esik} = 2.225$ MeV (Gelen γ'ların min enerjisi)

$2H^+ - D^+ = 1.53860 \times 10^{-3}$ akb

$M_H = 1.008145$ akb

${}^{2}H + \gamma \longrightarrow {}^{1}H + {}^{1}_{0}n$

${}^{2}H + \frac{2.225}{931} \longrightarrow {}^{1}H + {}^{1}_{0}n$

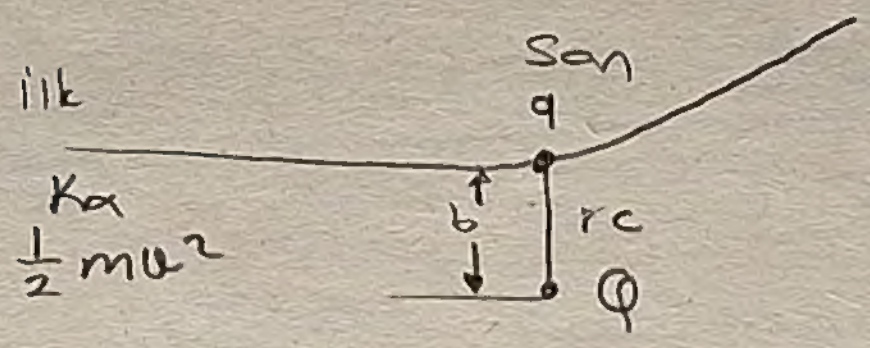
${}^{2}H = {}^{1}H + {}^{1}_{0}n - \frac{2.225}{931}$

$$^{2}H^{+} - {}^{1}H - {}^{1}_{0}n + \frac{2.235}{931} = 1.53801 \times 10^{-3}$$

$${}^{1}_{0}n = 1.008138 \text{ akb}$$

(7) $b = r_c \sqrt{1 - \frac{qQ}{r_c K_a}}$ oldugunu enerji ve momentumun korunumundan yola çıkarak bulunur.

K_a: Gelen α'ların enerjisi



Potansiyel enerji

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + \frac{qQ}{r_c}$$

$$mvb = mr_c^2 w \qquad \text{(Açısal momentumlar.)}$$

$$mvb = mr_c^2 \frac{v'}{r_c}$$

$$mvb = mr_c v'$$

$$\boxed{v' = \frac{vb}{r_c}}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\frac{v^2 b^2}{r_c^2} + \frac{qQ}{r_c}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{qQ}{r_c} = \frac{1}{2}mv^2 \frac{b^2}{r_c^2}$$

$$K_a - \frac{qQ}{r_c} = K_a \frac{b^2}{r_c^2}$$

$$\frac{b^2}{r_c^2} = 1 - \frac{qQ}{r_c K_a}$$

$$\boxed{b = r_c \sqrt{1 - \frac{qQ}{r_c K_a}} \quad \text{olur}}$$

(8) ^4_2He çekirdeğindeki son p'un bağlanma enerjisini hesap ediniz. Bunu BE/A ile karşılaştırınız. (2)

$$^4_2He \rightarrow {}^3_2He + {}^1_0p$$

$$(BE)_p = M(^3_1H) + M(^1_1H) - M(^4_2He)$$
$$= 3.016\,0937 + 1.008\,142 - 4.003\,9750 \times 931$$
$$= 19\ MeV$$

$$\frac{BE}{A} = \frac{2m_H + 2m_n - M_{4He}}{4} \times 931 = 7.07\ MeV$$

(9) Bir çekirdek etkileşmesinde bombardıman için kullanılan parçacıkların kütlesi m, kinetik enerjileri K dır. Hedefin kütlesi M olup hareketsiz durmaktadır. Bombardıman sonucu bileşik çekirdeklerin uyarılma enerjisinin

$$E_e = K\left(\frac{M}{m+M}\right) + BE \quad \text{olduğunu gösteriniz.}$$

Gelen parçacıklar ya saçılacak ya da absorbe olacak. Absorbe olması için K'nın 2 parçacık arasındaki Coulomb itmesinden büyük olması lazım (r_c mesafesinde)

$$K > \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,\varphi}{(r+R)}$$

$\varphi + K$'nın tamamı eksitasyon enerjisi olamaz. $\varphi + K$ enerjisi maydanagelen çekirdeği uyarır ancak momentumun korunumu için K'nın bir miktarının yine çekirdeğe aktarılması gerekir.

$$v_c(M_x + m_x) = m_x v_x$$
$$v_c = \frac{m_x}{M_x + m_x} v_x$$

$$v_x' = v_x - v_c = v_x\left(1 - \frac{m_x}{M_x + m_x}\right) = v_x \frac{M_x}{M_x + m_x}$$

Çarpışmadan önce;

$$\frac{1}{2}m_x\left(v_x \frac{M_x}{m_x + M_x}\right)^2 + m_x c^2 + \frac{1}{2}M_x\left(\frac{m_x}{M_x + m_x} v_x\right)^2 + M_x c^2$$
$$= M_y c^2 + E_e \rightarrow \text{çarpışmadan sonra}$$

$$\frac{1}{2} m_x \left(v_x \frac{M_x}{m_x+M_x}\right)^2 + \frac{1}{2} M_x \left(\frac{m_x}{m_x+M_x} v_x\right)^2 + \underbrace{(m_x+M_x)c^2 - M_y c^2}_{\text{Bağlanma enerjisi}} = E_e \quad (5)$$

$$\frac{1}{2} m_x M_x \frac{(m_x+M_x)}{(m_x+M_x)^2} v_x^2 + BE = E_e$$

$$K_x \frac{M_x}{m_x+M_x} + BE = E_e \quad \text{olur.}$$

10) Nötronlarla aktivite edilmiş ^{197}Au yaprağının spesifik aktivitesi 1.1×10^8 parçalanma/s'dir.

Daha sonra bu yaprak $\Phi = 10^{10}$ n/cm²-s'lik bir nötron akısının bulunduğu ortamda ne kadar tutulmalıdırki aktivitesi 10 kat artsın.

$^{197}Au(n,\beta)^{198}Au$

Kararlı — Aktif

$SA = 1.1\times10^8 = 3.0$ mCi/g

$\sigma = 96$ b

$t_{1/2} = 27$ gün.

$$N_t = \frac{n\sigma\Phi}{\lambda}(1-e^{-\lambda t})$$

$A = (3+3\times10 = 33$ mCi/g olsun istenmiyor.

$$A = n\sigma\Phi\ (1-e^{-\lambda t})$$

Burada n'i bilmiyoruz

$^{198}N \longrightarrow 1.1\times10^8 = N\lambda$

$N = 3.7\times10^{14}$ atom.

197	6×10^{23}
1	x

$x = 3\times10^{21}$ (Bunu alırız n yerine)

Hedefi ^{197}Au gibi düşünebiliriz. Çünkü sayıca çok fazla.

t = yukarı çıkabilir